

AP20 Rec'd PCT/PTO 17 JUL 2006

1

## **Beschreibung**

# **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG WEISSER LED'S SOWIE WEISSE LED-LICHTQUELLE**

### **Technisches Umfeld**

- [001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer weißes Licht mit vorgegebener Farbtemperatur aussendenden Licht emittierenden Diode (=LED), im Folgenden als "weiße LED" bezeichnet, bei dem eine blaues Licht aussendende LED, im Folgenden als "blaue LED" bezeichnet, oder eine UV-Licht aussendende LED, im Folgenden als "UV-LED" bezeichnet, mit einer Konversionsschicht, die blaues Licht bzw. UV-Licht absorbiert und Licht größerer Wellenlänge emittiert, beschichtet wird. Bei einer blauen LED wird ein Teil der blauen Emission in einen anderen Wellenlängenbereich konvertiert, so dass die Summe der emittierten Lichtkomponenten weißes Licht ergibt. Bei einer UV-LED muss die Konversionsschicht natürlich zumindest zwei verschiedene Farbkonversionspigmente enthalten, deren Emissionen zusammen weißes Licht ergeben. Die Erfindung betrifft weiters eine weiße LED-Lichtquelle, die mehrere blaue LED's oder UV-LED's aufweist, über denen eine Konversionsschicht aufgebracht ist.
- [002] Die Farbkonversionsschicht besteht typisch aus anorganischen oder organischen Farbkonversionspigmenten, welche in einer organischen Kunststoffschicht verteilt sind.
- [003] Im Hinblick auf eine reproduzierbare Herstellung von weißen LEDs innerhalb enger Toleranzen des resultierenden Farbortes muss beim Herstellungsprozess neben der Konzentration der Pigmente auch die Schichtdicke (und deren Form) exakt definiert sein.
- [004] Im Stand der Technik sind diesbezüglich verschiedene Prozesse bekannt:
- [005] 1) Das Farbkonversionsmedium füllt den Reflektor-Cup, in welchen die LED eingesetzt wird, aus (  
JP 8335719 A --,  
JP 8335720 A --,  
);
- [006] 2) Das Farbkonversionsmedium wird in Tropfenform über dem LED-Chip aufgebracht (mit transparentem Spacer:  
US 5959316 A --,  
JP 10193065 A --.

- );
- [007] 3) Das Farbkonversionsmedium wird in die Klebeschicht zwischen der LED und einer Linse eingebracht (US 6590235 B --.
- );
- [008] 4) Das Farbkonversionsmedium wird in Schichtform definiert hergestellt und auf der LED befestigt (EP 1081771 A --.
- );
- [009] 5) Die Farbkonversionsschicht wird direkt auf den LED-Chip gedruckt (JP 2001244507 A --.
- ).
- [010] Diese Methoden erfüllen die Anforderungen für viele Anwendungen, speziell für Beleuchtung, unzureichend. Die Herstellungsmethode und deren Toleranzen sind wesentliche Gründe für die Abweichungen. Ein weiterer Grund ist der folgende:
- [011] Die Anregbarkeit der Farbkonversionsmittel hängt typischerweise stark von der Wellenlänge der anregenden LEDs ab. Speziell bei langwelligen blauen LEDs führt eine Wellenlängentoleranz von nur einigen Nanometern bereits zu signifikant unterschiedlichen Emissionsintensitäten bei den derzeitigen Farbkonversionsmitteln. Im Falle von UV-LEDs würde dies vorwiegend zu einer Intensitätsschwankung führen, im Falle von blauen LEDs darüber hinaus zu einer Farbverschiebung, da sich in diesem Fall das weiße Licht aus der blauen LED-Emission und der Emission des Farbkonversionsmittels zusammensetzt.
- [012] Da LEDs gemäß dem Stand der Produktionstechnik eine relativ breite Wellenlängenverteilung aufweisen, weist eine typische Selektionsklasse eine Wellenlängentoleranz von mehr als 5 nm auf. Selbst bei sehr definierter Aufbringung der Farbkonversionsmittel (mit vernachlässigbarer Toleranz) resultiert hieraus eine Toleranz der Farbtemperatur weißer LEDs von mehr als  $\pm 300$  K. Dies ist für viele Anwendungen bereits zu hoch. Es entspricht daher dem Stand der Technik, dass die Marktforderung nach enger spezifizierten weißen LEDs durch Selektionsverfahren realisiert wird.

## **Offenbarung der Erfindung**

### **Technisches Problem**

- [013] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung weißer LEDs zu schaffen, welche geringere Toleranz der Farbtemperatur haben, als es dem Stand der Technik entspricht. Weiters soll eine weiße LED-Lichtquelle geschaffen werden, die eine geringere Schwankungsbreite der Farbtemperatur hat, die insbesondere also über

der gesamten Emissionsfläche eine nahezu konstante Farbtemperatur hat.

### **Technische Lösung**

- [014] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die genaue Wellenlänge der LED vor dem Aufbringen des Farbkonversionsmittels bestimmt wird und sodann das Farbkonversionsmittel über dieser LED in einer von der ermittelten Wellenlänge abhängigen Menge und/oder Konzentration aufgebracht wird.
- [015] Diese Aufgabe wird weiters durch eine LED-Lichtquelle der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Menge der Konversionsschicht über jeder LED von der genauen Wellenlänge der jeweiligen LED abhängt.
- [016] Im Gegensatz zum Stand der Technik ist durch das erfindungsgemäße Verfahren eine Herstellung von weißen LEDs mit definierter Farbtemperatur und definierter Toleranz möglich, ohne dass ein weiteres Selektionsverfahren notwendig wäre.
- [017] Der Herstellungsprozess kann grob folgendermaßen beschrieben werden:
- [018] LEDs werden in Wafern hergestellt. Es entspricht dem Stand der Technik, dass die einzelnen LEDs auf einem Wafer einzeln bezüglich Helligkeit und Wellenlänge ( $\Delta \lambda < 1\text{nm}$ ) vermessen werden (Wafer Mapping, siehe Produktspezifikation der Maschinenhersteller, z.B. ASM). Diese Daten werden in weiterer Folge dazu verwendet, die LEDs nach dem Vereinzeln in verschiedene Klassen zu selektieren. Alternativ können die optischen Daten der LEDs einzeln vor der Aufbringung der Farbkonversion mittels Spektrometer (oder Chromameter) gemessen werden.
- [019] In gegenständlicher Erfindung wird die Information des Wafer Mappings dazu benutzt, um auf jede LED selektiv eine spezielle Menge Farbkonversionsmittel aufzubringen. Die Menge an Farbkonversionsmittel ist hierbei selektiv z.B. durch entsprechende Wahl der Schichtdicke oder der Konzentration (bei verdünnten Systemen) auf die jeweilige LED abgestimmt.
- [020] Bei der Aufbringung des Farbkonversionsmittels gibt es folgende Möglichkeiten:
- [021] Selektives Dispensen oder Stempeln
- [022] Selektives Inkjet Printing
- [023] Selektives Verdampfen durch Masken
- [024] Selektives nachträgliches Einstellen der Dicke und Form der Schicht des Farbkonversionsmittels (z.B. durch Laser wie beim Widerstandstrimmen).
- [025] Zur Vereinfachung werden die LEDs in Gruppen zusammengezogen, z.B. jeweils im Bereich von 1 nm.

### **Kurze Beschreibung von Zeichnungen**

- [026] Anhand der Zeichnung wird die Erfindung näher erläutert. Es zeigt: Fig. 1 LED's mit unterschiedlicher Menge von Binder, in dem sich das Farbkonversionsphos-

phorphigment befindet; Fig. 2 LED's mit gleichen Mengen von Binder, in dem sich das Farbkonversionsphosphorpigment mit unterschiedlicher Konzentration befindet; und Fig. 3 zeigt eine Abwandlung der Ausführungsform gemäß Fig. 2.

[027] Es folgen nun fünf Anwendungsbeispiele:

[028] I.) Farbkonversionsphosphorpigment dispergiert in organischem Binder mit konstanter Konzentration – Aufbringen mittels Dispenser

[029] In Fig. 1 ist eine Platine 1 gezeigt, auf der sich vier LED-Dices 2a, 2b, 2c, 2d befinden. Diese LED-Dices 2a, 2b, 2c, 2d sind in Flip-Chip-Technologie aufgebracht, d.h. die Anschlüsse 3 befinden sich auf der Unterseite und sind mit Kontakt-Bumps 4 mit der Platine 1 verbunden. Über jedem LED-Dice 2a, 2b, 2c, 2d befindet sich ein Tropfen eines Binders 5, der das Farbkonversionsphosphorpigment enthält.

[030] Man stimmt die Tropfenmenge auf die Wellenlänge der LED-Dices 2a, 2b, 2c, 2d ab. Gemäß der ermittelten Wellenlänge der einzelnen LED-Dices 2a, 2b, 2c, 2d wird die Tropfenmenge erhöht für langwellige LED-Dices 2b, 2c, während diese für kurzwellige LED-Dices 2d reduziert wird. Da die Viskosität und Thixotropie der Paste von der Konzentration des Farbkonversionspigmentes abhängt, kann auch eine Veränderung der Tropfenform erzielt werden (bei einer volumetrischen Dosierung).

[031] Mit diesen Methoden konnte durch eine Variation des Dispens-Volumens zwischen 0,02 und 0,03 cm<sup>3</sup> auf Dices, deren Wellenlängen zwischen 460 und 475 nm variierten, weißes Licht mit einer Farbtemperatur von 6500 ± 300 K realisiert werden.

[032] II.) Farbkonversionphosphorpigment dispergiert in organischem Binder mit variabler Konzentration - Aufbringen mittels Dispenser.

[033] Gemäß der Wellenlänge der einzelnen LED-Dices 2a, 2b, 2c, 2d (siehe Fig. 2) wird die Konzentration der Phosphorpigmente im Binder 6 in der Matrix adaptiert. Dies wird bevorzugt durch das Verwenden von mehreren Dispens- oder Stempelbehältern mit unterschiedlichen Konzentrationen der Phosphorpigmente erreicht. Die unterschiedliche Konzentration ist in Fig. 2 durch Schraffen mit unterschiedlichem Abstand angedeutet.

[034] Optional kann nach dem Dispens- oder Stempelvorgang ein Druckvorgang angeschlossen werden, um eine ebene und definierte Form des Farbkonversionsmediums zu erreichen (siehe Fig. 3). Hierzu wird über der LED-Anordnung eine Maske aufgelegt, in deren Ausnehmungen das Farbkonversionsmedium mittels Dispenser aufgebracht wird. Abschließend wird mittels eines Rakels das über die Maske herausstehende Material entfernt.

[035] Mit diesen Methoden konnte durch eine Variation des Phosphorpigmentes in der organischen Matrix zwischen 10 und 30 Masse-% auf Dices mit einer Wellenlängenvariation zwischen 460 und 475 nm weißes Licht mit einer Farbtemperatur von 6500 ± 200 K realisiert werden.

- [036] Die Methoden I und II werden bevorzugt für LED-Dices eingesetzt, die Face Down (Elektrode nach unten) auf Trägermaterialien (Halbleiterträger oder printed circuit board = PCB) angeordnet sind, da es bei einer Face Up Montage schwierig ist, die Elektroden frei von der Farbkonversionspaste zu halten. Die derart montierten LEDs werden in einem Mapping-Verfahren einzeln bezüglich der Wellenlänge vermessen und mit diesen Daten wird der Dispenser programmiert. Die einzelnen LEDs können nachfolgend entlang von Trennlinien 7 geteilt und zu LED-Lichtquellen verarbeitet werden bzw. auch als LED-Modul eingesetzt werden.
- [037] III.) Farbkonversionsphosphorpigment dispergiert in organischem Binder – Aufbringen mittels Inkjet Printing.
- [038] Das Inkjet Printing stellt eine Verfeinerung der Dispensmethoden I-II dar. Hierzu sind feinkörnige Pigmente (im Bereich von höchstens einigen Mikrometern Durchmesser) notwendig.
- [039] Die individuelle Einstellung der Farbkonversion pro LED kann derart mittels der Anzahl der gesetzten Inkjettropfen (=volumetrisch) oder der Konzentration durch Einsatz verschiedener Inkjet-Tinten (aus verschiedenen Kartuschen) oder deren Kombination erfolgen.
- [040] IV.) Aufbringen der Farbkonversionsmaterialien aus der Gasphase
- [041] Gemäß dem Stand der Technik sind einige Materialien (ZnS:Mn) bekannt, die sich zur Farbkonversion des von LEDs ausgesandten Lichts eignen und welche mittels Gasphasenmethoden abgeschieden werden können.
- [042] Einer der Vorteile dieser Methoden ist, dass die Elektroden der LEDs selektiv abgedeckt werden können und daher diese Methode auch für Face Up montierte LEDs sehr gut geeignet ist. (Man kann die Kontaktflächen einfach abdecken.)
- [043] Die selektive Farbkonversion wird bei dieser Methode durch definierte Einstellung der aufgetragenen Menge des Farbkonversionsmaterials erreicht. Dies kann im einfachsten Fall durch Anbringen einer Maske (typisch Photomaske), die speziell auf den zu beschichteten LED Wafer (gemäß den Wafer Mapping Daten) abgestimmt ist, erfolgen. Derart wird eine LED mit der höchsten Wellenlänge (was normalerweise beste Anregbarkeit bewirkt) vollständig beschichtet, während bei LEDs mit geringerer Wellenlänge nur Teile der Oberfläche beschichtet werden.
- [044] V.) Trimmen der Dicke und Form der Farbkonversionsschicht
- [045] Das Einstellen der Farbkonversion bei vollflächig aufgetragenen Schichten (gleicher Konzentration) kann auch nachträglich erfolgen. Hierzu kann ein Verfahren angewandt werden, welches in der Halbleiter- und Drucktechnik eingesetzt wird, um z.B. Widerstände definiert abzugleichen. Hierzu wird die beschichtete LED derart getrimmt, dass ein Laser Farbkonversionsmaterial von der Oberfläche der LEDs definiert abträgt (Laserablation), sodass die gewünschte Farbe durch die definierte

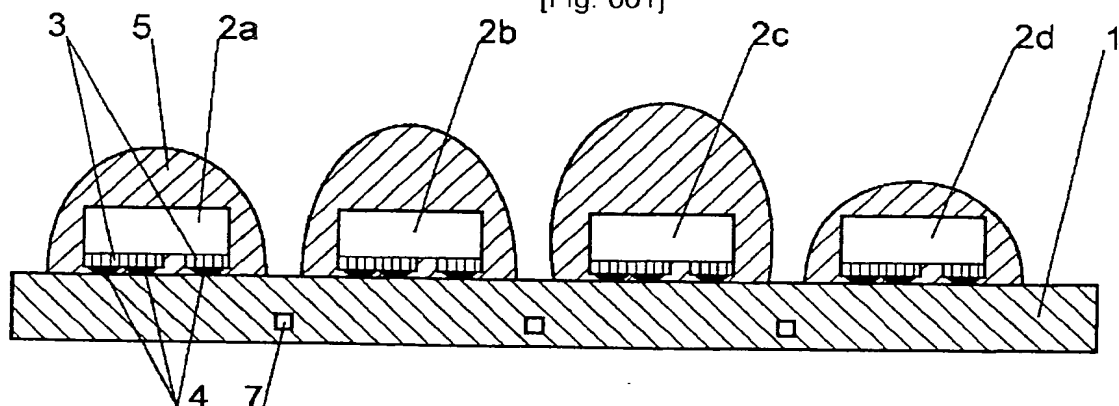
Menge an übrig gelassenem Farbkonversionsmaterial unabhängig von der Wellenlänge der LED erreicht wird.

## Ansprüche

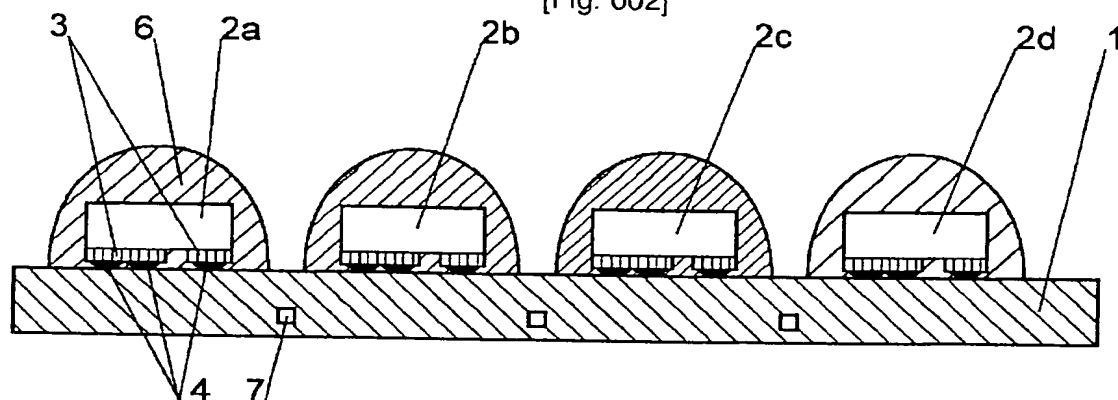
- [001] Verfahren zur Herstellung einer weißen LED mit vorgegebener Farbtemperatur, bei dem eine blaue LED oder eine UV-LED mit einer Konversionsschicht, die blaues Licht bzw. UV-Licht absorbiert und Licht größerer Wellenlänge emittiert, beschichtet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die genaue Wellenlänge der LED vor dem Aufbringen des Farbkonversionsmittels bestimmt wird und sodann das Farbkonversionsmittel über dieser LED in einer von der ermittelten Wellenlänge abhängigen Menge und/oder Konzentration aufgebracht wird.
- [002] Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Farbkonversionsmittel in an sich bekannter Weise mittels Dispenser oder Stempel aufgebracht wird und die Menge und/oder die Konzentration in Abhängigkeit von der ermittelten Wellenlänge gewählt wird.
- [003] Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Farbkonversionsmittel in an sich bekannter Weise durch Inkjet-Printing aufgebracht wird und die Menge und/oder die Konzentration in Abhängigkeit von der ermittelten Wellenlänge gewählt wird.
- [004] Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Farbkonversionsmittel in an sich bekannter Weise durch Abscheiden aus der Gasphase aufgebracht wird und die Menge und/oder Konzentration in Abhängigkeit von der ermittelten Wellenlänge gewählt wird.
- [005] Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Maske, insbesondere eine Photomaske, erstellt wird, deren Öffnungen in Abhängigkeit von der ermittelten Wellenlänge gewählt werden, und dass die Abscheidung des Farbkonversionsmittels aus der Gasphase durch diese Maske hindurch erfolgt.
- [006] Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Farbkonversionsmittel in an sich bekannter Weise zunächst homogen aufgebracht wird und danach durch einen Laser selektiv in Abhängigkeit von der ermittelten Wellenlänge entfernt wird.
- [007] Weiße LED-Lichtquelle, die mehrere blaue LED's oder UV-LED's aufweist, über denen eine Konversionsschicht aufgebracht ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Menge der Konversionsschicht über jeder LED von der genauen Wellenlänge der jeweiligen LED abhängt.

1/1

[Fig. 001]



[Fig. 002]



[Fig. 003]

